

Impacto en los niveles de colinesterasa en agricultores de tomate (*Solanum lycopersicum* L) en la localidad de San Luis, Chimborazo por efecto del uso de insecticidas organofosforados y carbamatos

Impact on cholinesterase levels in tomato farmers (*Solanum lycopersicum* L) in the locality of San Luis, Chimborazo due to the use of organophosphorus insecticides and carbamates

Víctor Alberto Lindao Córdova¹, Jorge Leonardo Jave Nakayo², Mónica Guadalupe Retuerto Figueroa³, Norma Soledad Erazo Sandoval⁴, Magdy Mileni Echeverría Guadalupe⁵

Recibido: Agosto 2015 - Aprobado: Diciembre 2015

RESUMEN

Esta investigación tuvo el objetivo determinar las condiciones de aplicación que afectan los niveles de colinesterasa, y que generan un riesgo neurotóxico por el uso de carbamatos y organofosforados a los agricultores de tomate (*Solanum lycopersicum* L) en la localidad de San Luis, Chimborazo – Ecuador. La técnica utilizada fue la espectrofotometría. El examen de colinesterasa se realizó a los pacientes expuestos a los insecticidas organofosforados y carbamatos. El método utilizado fue el cinético-espectrofotométrico (405 nm a 37°C). Mediante análisis factorial, prueba de Kruskal Wallis y de correlaciones se determinó las variables que más afectan los niveles de colinesterasa. Para el análisis neurotoxicológico se aplicó el cuestionario Psychologisch Neurologische Fragebogen (PNF) a cada uno de los agricultores, lo que permitió determinar la presencia de alteraciones clínicas, conductuales y neurológicas de los trabajadores expuestos a plaguicidas organofosforados y carbamatos. Se concluye que las variables que más afectan al nivel de colinesterasa son: humedad, temperatura en el invernadero, tiempo que cultiva tomate, estado del equipo de aplicación, tiempo que permanece en el invernadero, frecuencia de aplicación de los insecticidas, lee la etiqueta, tiempo de aplicación de los insecticidas, y las esferas más afectadas fueron inestabilidad psiconeurovegetativa (PN), irritabilidad (E), Déficit de concentración y memoria (K) y Astenia (A).

Palabras clave: Niveles; colinesterasa; insecticidas; carbamatos; organofosforados.

ABSTRACT

This research aimed to determine the application conditions that affect cholinesterase levels, and generate a neurotoxic risk by the use of carbamates and organophosphates to tomato farmers (*Solanum lycopersicum* L.) in the town of San Luis, Chimborazo - Ecuador. The technique used was spectrophotometry. Cholinesterase examination was carried out in patients exposed to organophosphate and carbamate insecticides. The method used was the kinetic spectrophotometric (405 nm at 37 °C). Through factor analysis, the Kruskal Wallis and correlations were determined, the variables that affect cholinesterase levels. For the neurotoxicological analysis, it was applied, the questionnaire Psychologisch Neurologische Fragebogen (PNF) to each of the farmers, which allowed us to determine the presence of, clinical disorders, behavioral and neurological, in workers exposed to organophosphate and carbamate pesticides. Concluding that the variables that affect cholinesterase levels are: humidity, temperature in the greenhouse, time when grown tomato, state of application equipment, while remaining in the greenhouse, frequency of application of insecticides, read the label, time of insecticides application, and the most affected areas were psycho neurovegetative instability (PN), irritability (E), deficiency of concentration and memory (K) and asthenia (a).

Keywords: Levels; cholinesterase; insecticides; carbamates; organophosphates.

1. Master en Ciencias Mención Agricultura Sustentable, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador. E-mail: vlindao@esPOCH.edu.ec; vlindaocordova@hotmail.com
2. Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional San Marcos (UNMSM). Lima Perú: E-mail: jorge.jave@unmsm.edu.pe jojave@gmail.com.
3. Bioquímica Farmacéutica, Universidad Nacional San Marcos (UNMSM). Lima Perú: E-mail: monica.retuerto@unmsm.edu.pe
4. Master en Ciencias Mención Agricultura Sustentable, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador. E-mail: coprinus2@hotmail.com
5. Magister en Gestión Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador. E-mail: m_echeverria@esPOCH.edu.ec

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citadas. Para más información, por favor póngase en contacto con ligeo@unmsm.edu.pe.

I. INTRODUCCIÓN

Las proyecciones muestran que para alimentar una población mundial de 9 100 millones de personas en el 2050 sería necesario aumentar la producción de alimentos en un 70 %. (FAO, 2009)

El desarrollo económico y social de las poblaciones conlleva a la necesidad de mejorar los sistemas de abastecimiento de alimentos, por lo que demanda un incremento en la producción, requiriendo el uso de agroquímicos para este propósito.

El control de insectos plaga en la agricultura ha dependido, en gran medida, del uso de productos químicos sintéticos que aniquilan rápidamente al insecto. Aunque este método contribuye a mantener las poblaciones plaga a niveles tolerables, su uso indiscriminado ha ocasionado varios problemas, entre ellos: la contaminación del suelo y mantos freáticos, efectos tóxicos en animales y el hombre, genotipos resistentes y muerte al mismo tiempo de los enemigos naturales de las mismas plagas y de otros organismos que ante la ausencia de sus reguladores se convierten en plagas secundarias. (Abata, 2006)

Los insecticidas han jugado un papel importante en el control de insectos vectores de enfermedades y plagas desde principios del siglo XX. La Organización Mundial de la Salud (OMS) promueve medidas alternativas como el control biológico o el manejo ambiental, en el tiempo y lugar donde ellas sean efectivas y aplicables; también promueve el uso de insecticidas cuando el control biológico no es una alternativa. En tal sentido, los insecticidas continúan siendo un elemento vital en programas de control. (Molina D., 2009)

Los productos con toxicidad aguda elevada son los responsables de un elevado número de casos de intoxicación inmediata, sobre todo en los países en desarrollo, mientras que los productos con efectos tóxicos crónicos pueden provocar cáncer o trastornos del desarrollo en niños en fase de crecimiento.

En particular, los pequeños agricultores en los países en desarrollo no suelen tener, ni utilizar, el equipo de protección necesario y acostumbran a usar pulverizadores de mochila que conllevan un alto riesgo de exposición. Limitar la utilización de estos productos muy peligrosos suele ser difícil, por lo que acaban siendo empleados de forma generalizada por personas no cualificadas. Entre las posibles consecuencias, numerosos casos de intoxicación, contaminación de alimentos y daños medioambientales. (FAO, 2016)

Según la Organización Mundial de la Salud, por año, en el mundo, se intoxican alrededor de 3 millones de personas y 200.000 mueren; en el Ecuador el Ministerio de Salud Pública (2010) reporta un incremento de intoxicaciones por plaguicidas en un 24.4% en los últimos 5 años.

El manejo inadecuado de plaguicidas, especialmente de organofosforados y carbamatos ocasionan serios problemas a la salud de la población y daños sobre los ecosistemas (Karam M., 2004).

Según la Organización Internacional de las Uniones de Consumidores, cada 4 horas muere un trabajador agrícola en los países en desarrollo de intoxicación por plaguicidas, lo que equivale a más de 10 000 defunciones al año, y otros 375 000 se intoxican con estos productos. (ONU, 1986). La presencia de los síntomas va en relación con el descenso de la colinesterasa. Los síntomas estadísticamente significativos son: Nicotínicos; decaimiento $p=0,018$; movimientos involuntarios pequeños (tics, fasciculaciones) $p=0,029$. Neurológicos; cefalea $p<0,01$; insomnio $p=0,015$; inestabilidad emocional $p=0,02$. Dentro de la sintomatología muscarínica no hubo relevancia estadística. (Garces, 2015)

En el Ecuador, aproximadamente el 86% de los pobladores de Dandál, Lunduma y Tugula, del cantón Santa Isabel perteneciente a la provincia del Azuay, se dedican a la agricultura, y por su actividad se encuentran expuestos a diferentes plaguicidas. Entre los plaguicidas utilizados están los organofosforados y carbamatos. El 4,39% de agricultores presentaron valores de colinesterasa inferiores al normal, el 1,09% superó el nivel normal, mientras que el 94,52% estuvieron entre el grupo normal (4 659-14 443 U/L). Existe una relación inversamente proporcional no significativa ($P 0,180 > 0,05$) entre la colinesterasa y la exposición, es decir conforme la exposición se incrementa la colinesterasa tiende a disminuir y viceversa. Una correlación semejante se presentó entre la colinesterasa y la edad de los agricultores. El nivel de colinesterasa entre el género masculino y femenino estadísticamente es similar, al igual que los promedios de colinesterasa entre el grupo de agricultores y los que se dedican a otras actividades económicas ($P>0,05$). (Auquilla, 2015)

En la localidad de San Luis, Chimborazo, Ecuador, la población desde hace una década aproximadamente, se ha dedicado al cultivo intensivo de tomate bajo condiciones de invernadero. Este cultivo, se ha visto afectado por varias plagas lo cual ha obligado a la aplicación exagerada de plaguicidas, siendo entre los más utilizados los insecticidas del grupo de los organofosforados y carbamatos, los mismos que serían la causa de serios problemas en la salud de los agricultores, población aledaña y contaminación del ambiente.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación

El área en estudio está ubicada en cinco comunidades: Candelaria, San Antonio, Guaslán Grande, Corazón de Jesús, y Tiazo pertenecientes a la localidad de San Luis, Chimborazo, Ecuador

2.2 Recolección de datos

Una vez elaborada la encuesta, la misma que fue validada por juicio de expertos y constó de cuarenta y dos variables, en la cual se incluyó el consentimiento informado en donde mediante su firma y número de cédula de identidad cada uno de los agricultores autoriza el uso de los datos con el fin de aportar información necesaria a dicha investigación, con el objetivo de conocer el impacto de la exposición de los insecticidas Organofosforados y Carbamatos en los valores de la colinesterasa; se procedió

a la socialización y aplicación de la misma en cada una de las comunidades y agricultores objeto de estudio.

2.3 Toma de muestra biológica

La obtención de las muestras de 5 ml de sangre de los 170 pacientes distribuidos en las cinco comunidades seleccionadas se obtuvo mediante extracción por punción venosa del antebrazo en una sola sesión. Todas las muestras fueron correctamente rotuladas, en completa asepsia y en tubos sin anticoagulante, con gel activador del coágulo por el método de vacutainer.

2.4 Procesamiento de la muestra

Una vez extraídas las muestras, para transportarlas al laboratorio fueron colocadas en un envase tecnopor, el mismo que mantiene una temperatura de 4°C permitiendo mantener un máximo de 2 horas después de la extracción sin dañar las enzimas.

En el laboratorio para la obtención del suero, las muestras fueron centrifugadas a 3000 rpm durante 10 minutos; las fases se separaron con una micro pipeta de 1000 µl el suero obtenido fue rotulado y sometido a refrigeración a temperaturas que fluctúan entre 2 a 5 °C para luego ser analizadas.

2.5 Determinación cuantitativa de los niveles de colinesterasa

El examen de colinesterasa se realizó a los pacientes expuestos a los insecticidas organofosforados y carbamatos. La técnica utilizada es la espectrofotometría que es el análisis óptico más usado por el método enzimático y cinético. La velocidad de la coloración amarilla es proporcional a la actividad enzimática y se mide a 405 nm a una temperatura de 37 °C.

2.6 Test Psychologisch Neurologische Fragebogen (PNF)

Para el análisis neurotoxicológico se aplicó el cuestionario Psychologisch Neurologische Fragebogen (PNF) a cada uno de los agricultores, lo que permitió determinar las alteraciones clínicas, conductuales y neurológicas de los trabajadores expuestos a plaguicidas organo fosforados y carbamatos.

2.7 Tipo y diseño de la Investigación

El tipo de investigación del presente trabajo de investigación fue cuasi experimental ya que, sin manipular ninguna variable, se analizó el efecto producido por la acción o manipulación de los insecticidas organofosforados y carbamatos sobre el nivel de colinesterasa en los agricultores de tomate en la localidad San Luis, Chimborazo Ecuador.

Para Identificar los factores de riesgos químicos por intoxicación de carbamatos y organofosforados, debido a la heterogeneidad de la población en estudio, existentes en los agricultores de tomate, se utilizó un muestreo estratificado, tomando en cuenta las siguientes variables: agricultor, edad, género, talla, peso, si ha recibido

capacitación en el manejo de plaguicidas, tiempo que cultiva tomate, que labores realiza en el cultivo, hábitos del agricultor, hipertensión, diabetes, embarazo, medidas de protección, estado del equipo de fumigación, tiempo de aplicación de los plaguicidas, tiempo que permanece en el invernadero, tipo de plaguicida, frecuencia de aplicación de los plaguicidas, si tiene otros cultivos, si lee la etiqueta antes de aplicar los plaguicidas, conoce la residualidad de los plaguicidas, hora, humedad relativa y temperatura al momento de aplicar los plaguicidas, se determinó el tamaño de la muestra aplicando la fórmula de una población finita.

2.8 Unidad de análisis

La unidad de análisis fue el nivel de colinesterasa en los agricultores de tomate en la localidad de San Luis, Chimborazo, Ecuador.

2.9 Población de estudio

La población en estudio fue los agricultores que cultivan tomate bajo invernadero de las cinco comunidades seleccionadas de la localidad de San Luis, Chimborazo, Ecuador.

2.10 Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula de la población finita:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q}$$

De una población de 1065 agricultores que se dedican a cultivar tomate en las comunidades de la localidad de San Luis, con un margen de seguridad del 95% y una precisión del 3% se obtuvo un tamaño de muestra de 170 agricultores distribuidos en cinco comunidades que son: Candelaria 24, San Antonio 34, Guasán Grande 48, Corazón de Jesús 40 y Tiazo 24.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), se obtuvo un estadístico de 0,778, el mismo que tiene un valor alto, lo que indica que existe un buen ajuste de la muestra para este tipo de análisis (ver Tabla N° 1).

Tabla N° 1. Análisis factorial, prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0,778
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	5845,949
	Gl	861,000
	Sig.	0,000

Fuente: Lindao V. 2016

En la prueba de esfericidad de Bartlett, se obtiene un valor de p=0,000, el mismo que por ser menor al valor de alfa al 0,01 nos proporcionan suficientes evidencias para decir que entre las variables en estudio existen correlaciones significativas (ver Tabla N° 1).

En el análisis de la matriz de componentes las variables que alcanzan valores mayores a 0,600 se encuentran en el componente 1, y estas son: nivel de colinesterasa, humedad en el invernadero, temperatura en el invernadero, tiempo que cultiva tomate, estado del equipo inestabilidad psiconeurovegetativa (PN), tiempo de permanencia en el invernadero, frecuencia de aplicación de los insecticidas, lee la

etiqueta, tiempo de aplicación de los insecticidas, irritabilidad (E), déficit de concentración y la memoria (K) y Astenia (A), con valores de -0,940, -0,932, 0,915, 0,894, 0,878, 0,859, 0,848, -0,758, 0,750, 0,695, 0,666, 0,664, 0,612 respectivamente. El resto de variables estudiados presentan valores más bajos, siendo la variable utiliza botas en la aplicación la que menor valor obtiene con 0,0004 (ver Tabla N° 2).

Tabla N° 2. Matriz de componentes

Variable	Componente												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nivel de colinesterasa	-0,940	-0,002	-0,104	0,071	0,172	0,043	0,084	0,072	-0,012	0,001	0,012	-0,044	-0,002
Humedad en el invernadero	-0,932	0,014	-0,125	0,059	0,158	0,015	0,066	0,086	-0,058	0,014	0,078	-0,038	-0,013
Temperatura en el invernadero	0,915	-0,013	0,156	-0,072	-0,202	-0,032	-0,081	-0,083	0,066	0,004	-0,068	0,040	0,015
Tiempo que cultiva tomate	0,894	-0,060	-0,058	0,056	-0,094	0,000	0,091	-0,008	0,011	-0,033	-0,092	-0,002	0,014
Estado del equipo	0,878	0,027	0,107	0,000	-0,278	-0,102	-0,036	-0,048	0,103	0,015	-0,105	-0,048	-0,049
Inestabilidad psiconeurovegetativa (PN)	0,859	0,036	-0,159	0,045	0,150	0,143	0,019	-0,063	-0,020	-0,045	-0,051	0,081	-0,059
Tiempo de permanencia en el invernadero	0,848	0,045	0,038	0,016	-0,108	-0,099	0,090	0,116	-0,019	0,067	0,053	0,070	0,034
Frecuencia de aplicación de los insecticidas	-0,758	0,003	-0,054	0,074	0,162	0,030	-0,071	-0,047	-0,040	-0,058	-0,223	0,173	-0,068
Lee la etiqueta	0,750	0,000	0,175	-0,016	-0,321	-0,126	0,019	0,050	-0,019	0,015	0,091	-0,071	-0,089
Tiempo de aplicación de los insecticidas	0,695	-0,072	-0,046	-0,060	-0,265	0,033	0,091	0,067	-0,086	-0,110	-0,168	-0,104	-0,016
Irritabilidad (E)	0,666	0,002	-0,374	0,130	0,382	0,023	0,043	0,061	-0,127	0,085	-0,022	0,018	0,076
Deficit de concentración y la memoria (K)	0,664	0,025	-0,344	0,052	0,441	-0,009	0,011	0,047	-0,123	0,041	-0,032	-0,005	0,058
Astenia (A)	0,612	0,038	-0,391	0,009	0,441	0,166	-0,041	0,078	-0,110	0,062	0,130	-0,038	-0,053
Síntomas neurológicos (N)	0,556	0,169	-0,371	-0,028	0,470	0,150	-0,052	0,140	-0,207	0,045	0,116	0,003	-0,105
Genero agricultores	-0,058	0,722	-0,199	0,112	-0,214	0,119	-0,126	-0,063	-0,228	0,026	0,187	0,053	-0,097
Frecuencia con que toma alcohol	0,087	0,706	0,044	0,125	0,139	-0,264	0,138	-0,405	0,103	0,139	-0,022	0,109	-0,014
Tiene hábitos de consumir alcohol	0,043	0,675	0,044	0,077	0,075	-0,237	0,214	-0,382	-0,120	0,156	-0,095	0,136	-0,017
Practica algún deporte	-0,036	0,641	0,387	-0,185	-0,025	0,130	0,103	0,161	-0,383	0,216	-0,070	-0,002	-0,009
Frecuencia con que practica deportes	-0,132	0,635	0,388	-0,138	-0,025	0,131	0,067	0,167	-0,348	0,242	-0,110	0,007	0,003
Con que frecuencia fuma	-0,003	0,612	0,015	-0,052	0,206	-0,556	-0,052	0,132	0,205	-0,331	-0,021	-0,035	-0,077
Talla del agricultor en metros	0,069	-0,531	0,255	0,075	0,384	-0,371	0,206	0,068	0,055	0,186	-0,113	-0,050	0,017
Usa mascarilla en la aplicación	0,144	0,433	-0,043	0,072	0,065	0,026	-0,234	0,202	0,327	0,052	-0,192	-0,214	0,172
Peso del agricultor en kilos	0,041	-0,429	0,321	-0,157	0,222	-0,217	0,333	0,159	-0,044	0,161	-0,108	-0,266	-0,228
Realiza la labor de cosecha	0,084	-0,085	0,471	0,703	0,033	-0,012	0,016	-0,037	-0,111	0,015	-0,079	0,070	0,005
Realiza la labor de poda y amarre	0,190	-0,031	0,483	0,601	0,194	0,040	-0,079	-0,011	-0,160	-0,026	-0,087	0,062	0,038
Prepara los insecticidas	0,184	0,054	0,496	0,551	0,046	0,163	-0,051	-0,035	-0,093	-0,302	-0,016	0,031	-0,064
Agricultor	0,160	0,072	0,486	-0,548	0,345	0,260	-0,229	-0,346	0,085	-0,056	0,007	-0,155	-0,028
Comunidad	0,173	0,020	0,505	-0,542	0,348	0,251	-0,234	-0,326	0,080	-0,063	-0,001	-0,161	0,004
Realiza la labor de fumigación	-0,018	0,264	0,113	0,283	0,039	0,336	-0,119	0,104	-0,048	-0,314	0,315	-0,226	0,257
Usa botas en la aplicación	0,004	0,124	0,245	-0,024	0,014	0,068	0,515	0,094	0,191	0,275	0,336	-0,077	-0,082
Usa camisa manga larga en la aplicación	-0,023	0,264	-0,253	0,040	0,008	0,290	0,466	-0,141	0,184	-0,114	0,238	-0,050	-0,044
Usa gorro en la aplicación	0,171	0,242	0,176	-0,018	0,020	0,357	0,393	0,195	0,389	-0,103	0,007	0,136	0,074
Usa guantes en la aplicación	0,027	0,140	0,134	-0,063	-0,148	0,217	-0,292	0,570	0,212	0,165	-0,059	0,085	-0,038
Edad del agricultor	0,075	0,041	0,152	-0,270	0,105	0,098	0,387	0,402	-0,152	-0,215	-0,182	0,000	0,209
Usa gafas en la aplicación	0,021	0,206	-0,083	0,190	-0,107	0,094	0,047	-0,162	0,455	0,400	-0,091	-0,079	0,449
Sufre de hipertensión	-0,030	0,101	-0,016	0,164	0,250	-0,225	-0,292	0,196	-0,024	0,427	0,041	-0,219	0,240
Hora de aplicación de los insecticidas	0,131	-0,030	0,147	-0,248	-0,316	-0,312	-0,137	0,140	-0,253	0,107	0,538	0,067	0,111
Realizaría la labor de transporte	0,129	-0,139	0,180	0,252	0,088	-0,115	-0,085	-0,091	0,148	0,090	0,478	-0,284	-0,222
Tipo de insecticida usado	0,121	-0,209	0,125	-0,283	0,162	-0,088	-0,124	-0,006	0,104	0,095	0,155	0,695	0,130
Usa overol en la aplicación	0,026	0,133	0,117	0,175	0,172	0,213	-0,181	0,235	0,353	0,186	0,050	0,281	-0,522
Usa otros equipos de protección	0,101	-0,183	0,334	0,017	0,316	-0,122	0,073	0,048	0,017	-0,205	0,289	0,240	0,381

Fuente: Lindao V. 2015

El 75,651% de la varianza total explicada acumulada se encuentran en los 13 primeros componentes, la diferencia 24,349% se distribuyen en los 29 componentes restantes (ver Tabla N° 3).

En la curva de sedimentación se encuentran 13 componentes que tienen valores de varianza mayores que uno, los 29 componentes restantes tienen valores menores a 1 (Ver Figura N° 1).

Tabla N° 3. Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	9,105	21,679	21,679	9,105	21,679	21,679	7,831	18,646	18,646
2	4,151	9,884	31,563	4,151	9,884	31,563	3,379	8,045	26,690
3	2,837	6,756	38,319	2,837	6,756	38,319	2,475	5,893	32,584
4	2,421	5,763	44,083	2,421	5,763	44,083	2,406	5,728	38,312
5	2,163	5,151	49,234	2,163	5,151	49,234	2,350	5,595	43,907
6	1,832	4,361	53,595	1,832	4,361	53,595	2,215	5,274	49,181
7	1,566	3,728	57,322	1,566	3,728	57,322	2,131	5,075	54,256
8	1,537	3,660	60,983	1,537	3,660	60,983	1,961	4,670	58,926
9	1,440	3,429	64,412	1,440	3,429	64,412	1,661	3,955	62,881
10	1,328	3,162	67,574	1,328	3,162	67,574	1,388	3,304	66,185
11	1,233	2,936	70,510	1,233	2,936	70,510	1,377	3,279	69,464
12	1,127	2,683	73,194	1,127	2,683	73,194	1,302	3,100	72,564
13	1,032	2,457	75,651	1,032	2,457	75,651	1,296	3,086	75,651
14	0,987	2,350	78,001						
15	0,852	2,028	80,028						
16	0,838	1,994	82,023						
17	0,717	1,706	83,728						
18	0,701	1,669	85,397						
19	0,676	1,609	87,006						
20	0,613	1,460	88,466						
21	0,536	1,275	89,742						
22	0,493	1,174	90,916						
23	0,4540	1,081	91,997						
24	0,429	1,021	93,017						
25	0,408	0,971	93,988						
26	0,354	0,843	94,831						
27	0,324	0,772	95,604						
28	0,290	0,691	96,295						
29	0,271	0,645	96,940						
30	0,212	0,506	97,445						
31	0,201	0,478	97,923						
32	0,176	0,419	98,342						
33	0,166	0,394	98,737						
34	0,129	0,306	99,043						
35	0,113	0,269	99,311						
36	0,086	0,205	99,516						
37	0,072	0,172	99,689						
38	0,052	0,123	99,812						
39	0,044	0,104	99,916						
40	0,019	0,046	99,962						
41	0,013	0,032	99,993						
42	0,003	0,007	100,000						

Fuente: Lindao V. 2016

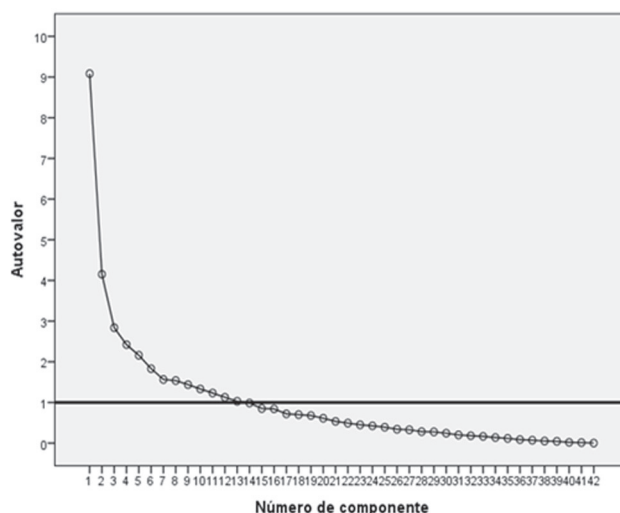


Figura N° 1. Curva de sedimentación para el impacto en los niveles de colinesterasa en agricultores de tomate bajo invernadero. Fuente: Lindao V. 2016.

El nivel de colinesterasa se encuentra estrechamente relacionado con las doce variables que se encuentran en el componentes 1 y presentan valores altos de correlación así con: humedad en el invernadero 0,981**, temperatura en el invernadero -0,977**, tiempo que cultiva tomate -0,824**, estado del equipo -0,897**, inestabilidad psiconeuro vegetativa (pn) -0,755**, tiempo de permanencia en el invernadero -0,774, frecuencia de aplicación de los insecticidas 0,712**, lee la etiqueta -0,746**, tiempo de aplicación de los insecticidas -0,630**, irritabilidad (e) -0,502**, déficit de concentración y la memoria (k) -0,495** y astenia (a) -0,434**.

IV. CONCLUSIONES

Las variables que más afectan al nivel de colinesterasa son: humedad en el invernadero, temperatura en el invernadero, tiempo que cultiva tomate, estado del equipo de aplicación, inestabilidad psiconeurovegetativa (PN), tiempo que permanece en el invernadero, frecuencia de aplicación de los insecticidas, lee la etiqueta, tiempo de aplicación de los insecticidas, irritabilidad (E),

Déficit de concentración y memoria (K) y Astenia (A).

Las aplicaciones de los insecticidas organofosforados y carbamatos bajo invernadero con temperatura alta y baja humedad relativa, acompañado con la falta de precauciones en el manejo de las aplicaciones coadyuvan la disminución del nivel de colinesterasa de los agricultores.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos por sus valiosos aportes brindados a la Universidad Nacional Mayor San Marcos (UNMSM), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Facultad de Recursos Naturales y al Dr. Jorge Jave quien ha sido parte fundamental en el desarrollo y culminación de este trabajo de investigación como director.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abata P. (2006). "Determinación de los niveles Séricos de Colinesterasa en los Habitantes de la Comunidad de Yacubamba, Cantón Pujili, Provincia de Cotopaxi debido a la utilización de Plaguicidas Químicos" (Tesis de Pregrado) Universidad Técnica del Cotopaxi, Latacunga-Ecuador.
2. Auquilla B. (2015). "Efectos colinesterasicos y contaminación del agua causados por el uso de plaguicidas en zonas agrícolas del cantón Santa Isabel" (Tesis de Maestría) Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador Recuperado a partir de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21291>
3. Garcés M. P (2015). "Intoxicación crónica por inhibidores de la colinesterasa relacionado con los factores laborales en la florícola Agrorab" (INFORME DE INVESTIGACION). Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias de la Salud-Carrera de Medicina, Ambato-Ecuador. Recuperado a partir de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/9445>.
4. Karam, M. Á., Ramírez, G., Bustamante Montes, L. P., & Galván, J. M. (2004). Plaguicidas y salud de la población. CIENCIA ergo sum, 11(3).
5. Molina, D. (2009). Resistencia metabólica a insecticidas organofosforados. Revista del Instituto Nacional de Salud de Colombia, ISSN, 0120-4157.
6. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO (1986). La alimentación y el medio ambiente. Desarrollo Coop. (Alemania Federal); 1:18-20.
7. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO (2009). "Cómo alimentar al mundo en 2050. Recuperado a partir de http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf.
8. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2016). "Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos" Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s06.htm>.